



TITLE:

Non-Newtonian Effect Near the Critical Point

AUTHOR(S):

小貫, 明

CITATION:

小貫, 明. Non-Newtonian Effect Near the Critical Point. 物性研究 1977, 29(1): A35-A37

ISSUE DATE:

1977-10-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/89412>

RIGHT:

- 2) M. Yamashita and H. Nakano, *ibid.* 57 (1977) 759.
- 3) M. Tokunaga and T. Matsubara, *ibid.* 36 (1966) 857.
- 4) K. Ohtomi and H. Nakano, 投稿(J. Phys. Soc. Japan)
- 5) G. A. Samara, Phys. Rev. Lett. 27 (1971) 103,
V. H. Schmidt et al., *ibid.* 37 (1976) 839.

Non-Newtonian Effect Near the Critical Point

九大・理 小 貫 明

臨界点近くの流体のダイナミックスは大きなゆらぎのため通常の流体力学では記述できない今までの研究は平衡のまわりのゆらぎを扱っており、平衡から大きくはずれたときのダイナミックスの研究はほとんどなされていない。(スピノダル分解については川崎が手がけている。)ここでは Shear Flow が存在するときのゆらぎの分布とダイナミックスを考える。高分子溶液と共通した問題がある。どちらも大きな液滴もしくは分子の存在が通常の流体力学からのずれを引き起こすのである。

マクロな流れは $\mathbf{u}(\mathbf{r}) = Dy \mathbf{e}_x$ で与えられとする。オーダーパラメーター $s(\mathbf{r}, t)$ は速度場 $\mathbf{v}(\mathbf{r}, t)$ で convective に運ばれる。

$$\frac{\partial}{\partial t} s(\mathbf{r}, t) + \nabla(\mathbf{s} \mathbf{v}) = 0 \quad (1)$$

ただし、 \mathbf{v} の平均は今の場合 0 ではなく、

$$\langle \mathbf{v}(\mathbf{r}, t) \rangle = Dy \mathbf{e}_x \quad (2)$$

一方、

$$\frac{\partial}{\partial t} \mathbf{v} + (\mathbf{v} \cdot \nabla) \mathbf{v} = -\frac{k_B T}{\rho_0} s \nabla \frac{\delta \Phi_0}{\delta s} + \frac{\eta^*}{\rho} \Delta \mathbf{v} + \frac{1}{\rho} \left(\zeta^* + \frac{\eta^*}{3} \right) \nabla(\nabla \cdot \mathbf{v}) + \mathbf{F}_R \quad (3)$$

ここに Φ_0 は熱力学的 potential。

計算の途中は省き結果だけのべる。

流れによってできる波数として、
$$k_c = \left(\frac{\eta^*}{k_B T} D \right)^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

小貫 明

が大切である。平衡での correlation length ξ と組み合わせて無次元量

$$\lambda = (k_c \xi)^3 \quad (5)$$

を考える。isobutylic acid-water では

$$\lambda = 0.34 \times 10^{-8} \epsilon^{-2} D \quad (6)$$

これは十分 1 より大きくなる。

定常状態での variance $\chi_k = \langle |s_k|^2 \rangle$ は, k , ξ , 及び k_c の関数だが, $\lambda \gg 1$ で ξ によらなくなる! 即ち,

$$\chi_k = k_c^{-2} \chi^*(\frac{k}{k_c}, k_c \xi) \rightarrow k_c^{-2} \chi^*(\frac{k}{k_c}, \infty) \quad \text{for } k_c \xi \gg 1 \quad (7)$$

無次元関数 $\chi^*(l, \infty)$ は次のようにふるまう。

$$\chi^*(l, \infty) = \begin{cases} \frac{1}{l^2} - \frac{16}{1 - \frac{8}{3\pi^2}} \frac{l_x l_y}{l^7} + \dots & \text{for } l \gg 1 \\ \text{const.} + \dots & \text{for } l \ll 1 \end{cases} \quad (8)$$

k が大きいとき χ_k は平衡のときの値に近づき, $k \ll k_c$ では発散せず k_c^{-2} に比例する。即ち, Shear D は relevant parameter でこれがあると系は 2 次転移点へいけない。また s_k の時間相関は,

$$\langle s_k(t) s_{-k'}(0) \rangle = \sqrt{\chi_k \chi_{k'}} \exp \left[-t \left(\Gamma_k - D k_x \frac{\partial}{\partial k_y} \right) \right] \delta_{kk'} \quad (9)$$

$$\Gamma_k = \frac{k_B T}{\eta^*} k^2 \sum_q \frac{\sin^2 \theta}{q^2} \frac{\chi_{k-q}}{\chi_k} \quad (10)$$

relaxation rate Γ_k も shear の影響を χ_k を通じてうける。 $\lambda > 1$ のとき, Γ_k は $k \gg k_c$ で平衡のときの値に近づき, $k \ll k_c$ で,

$$\Gamma_k = \frac{2k_B T}{3\eta^*} k_c k^2 \sum_l \left(\frac{1}{l^2} - \chi^*(l, \infty) \right) \quad (11)$$

に近づく。流れがないと Γ_k は ξ^{-1} に比例するのだが今の場合 k_c に比列している。Non-Newton shear viscosity については

$$\eta(\lambda) = -\frac{1}{D} \langle \Pi_{xy} \rangle$$

CRITICAL SOUND ABSORPTION IN BINARY LIQUID
MIXTURE OF TRIETHYLAMINE-WATER SYSTEM

$$= -\frac{k_B T}{D} \sum_{\mathbf{k}} k_x k_y \chi_{\mathbf{k}}$$

$$\simeq \frac{-8}{15\pi^2 - 40} \eta^* \log(k_c \xi_0) \quad (12)$$

これは温度もしくは ξ によらない。 ξ_0 はミクロな長さである。流れがあるときの熱伝導率 $\kappa(\lambda)$ については、

$$\kappa(\lambda) = \sum_{\mathbf{k}} \frac{1}{k^2} \chi_{\mathbf{k}} \simeq k_c^{-1} \sum_l \frac{1}{l^2} \chi^*(l, \infty), \quad (13)$$

これは発散せず k_c^{-1} に比例している。

以上の結果の解釈は容易である。即ち、 $\lambda = (k_c \xi)^3 > 1$ のとき、 k_c^{-1} が correlation length となるのである。 $\Gamma_{k_c} = D$ であるので、 $k < k_c$ のゆらぎは Shear D でこわれ、 $k > k_c$ のゆらぎは熱的にこわれて平衡のときと大差ない。 k_c^{-1} より大きなゆらぎは熱的にこわれるより前に Shear で変形されこわされるわけである。同時に大きなゆらぎは(すぐこわされるので)できにくくなる。最後に、光散乱の実験で、 $\chi_{\mathbf{k}}$ や $\Gamma_{\mathbf{k}}$ の shear 依存性は十分観測されることに注意する。今だこのような実験はなされてはいない。(6)で $\varepsilon = 10^{-5}$ 、 $D = 10^3$ とすれば $\lambda = 0.34 \times 10^5$ である！

*CRITICAL SOUND ABSORPTION IN BINARY LIQUID MIXTURE OF
TRIETHYLAMINE-WATER SYSTEM

Yoshifumi Harada

Department of applied physics, Faculty of engineering, Fukui University
Fukui 910, Japan

Ultrasonic attenuation in triethylamine-water has been measured over the frequencies range 15-95MHz and temperatures 12.5-18.0°C. The experimental data have been analyzed by